

# 宇宙 $\gamma$ 線の観測

檀上篤徳\*\*・早川幸男\*・池田雅彦\*\*  
槇野文命\*\*・田中靖郎\*\*・P.C. Agrawal†  
B. V. Shreekanant†

## 1. 緒 論

宇宙 X,  $\gamma$  線の等方成分の強度を銀河内の起源として説明するには困難で、おそらく、銀河系外の起源であろうと考えられている。等方成分の強度は遠方の銀河からの集積、あるいは、銀河間空間、電波銀河での逆コンプトン効果として、宇宙論の効果を考慮しながら、推定されているが [1]。銀河系外に関する実験的な知識は非常に乏しい。等方成分の観測はその発生機構と共にこれらの情報をもたらすはずである。まず、スペクトル強度を確定することが第一であろう。

Metzger 達が人工衛星 Ranger III を利用して、はじめて宇宙成分と思われる  $\gamma$  線を観測して以来 [2]、多くの試みが行なわれているが、技術上の困難から、いずれも Ranger の感度を上回るものではない。Metzger 達の得た結果は、観測方法から見て、またそのスペクトルの 1 MeV 付近に測定器に原因すると思われる平坦部があったことなどから、おそらく強度の上限値を与えるものであろうと考えられている。しかし、その後に気球で観測された 100 keV 以下の X線 [3], [4] とは重複している領域で一致しているのみならず、スペクトル指数もほぼ同じ値で表わしている。最近、Vette 達は人工衛星 ERS-18 を使って、30 keV から 7 MeV までの  $\gamma$  線を観測し、Ranger とまったく同じ結果を得た [5]。1 MeV 以上のスペクトルの傾斜はそれ以下の領域よりゆるやかで、発生機構の異なる成分があるかもしれないと報告している。

上記の二つの観測はいずれも指向性のない検出器を用い、測定方法もよく似ているので同じ結果を得たのは当然かもしれない。地球から約 10 万 km ほど離れて測定したのでアルベドの心配はないが、宇宙線の影響をどの程度除き得たかが問題である。

宇宙線やその他のバックグラウンドの影響を少なくし、さらに  $\gamma$  線源の発見へと進むためには指向性のある検出器が必要である。この実験ではシャッタを用い、差し引き法によって指向性を改善した。

飛揚地点をハイデラバッドに選んだ理由は、(1) バックグラウンドの強度が最も小さいこと、(2) かに星雲の観測に最も好都合であること、(3) 回収が確実であることなどである。バックグラウンドの強度が当初の予想より強かったのかに星雲からの  $\gamma$  線の観測は、 $S/N$

---

\* 宇宙研併任教授 (名古屋大・理)

\*\* 名古屋大学理学部

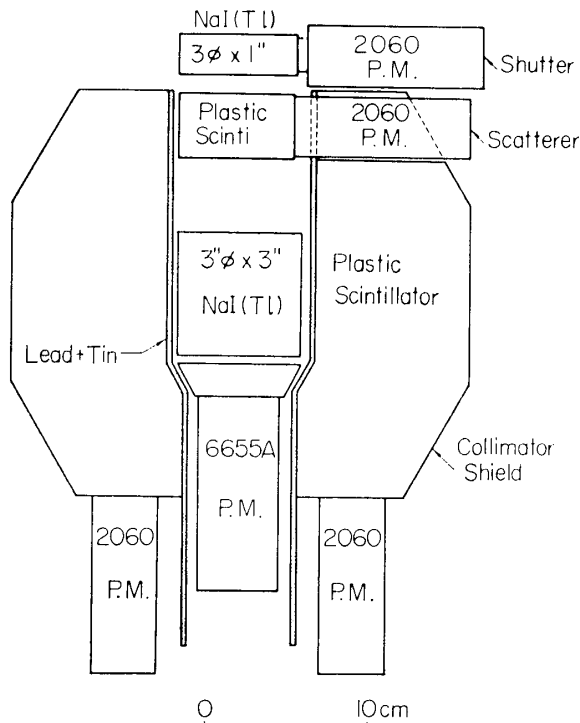
† Tata Institute of Fundamental Research, Bombay, India

不足のため、不成功に終わった。等方成分の観測結果のみを報告する。同時に科学衛星 CORSA 搭載用  $\gamma$  線検出器の予備実験として、コンプトンテレスコープに関するデータも得た。

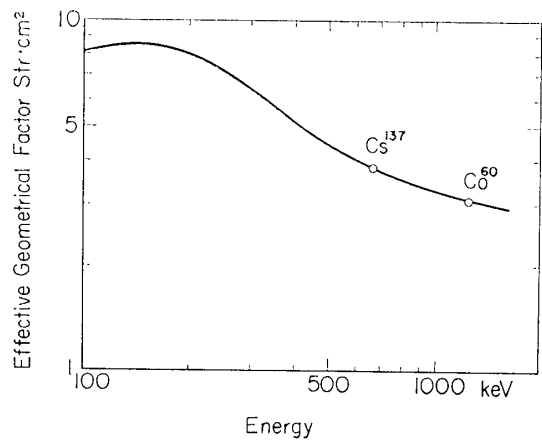
### 2. 観測装置

$\gamma$  線検出器のコリメータシールドとして、鉛などの通常のシールド材を使った場合、コンプトン散乱やシャワーのため必ずしも減衰しない。これらの相互作用を検出して除くアクティブシールドでなければならない。しかし、アクティブシールドでも、おもに経済的な理由から、十分な指向性を持たせるほど大きくはできない。またバックグラウンドのうち中性子に対してはほとんど遮へいの効果はない。この実験ではアクティブシールドのほかにシャッターを用い、その開閉に対応する計数率の差を求めることによって、開口部以外から入射するすべての粒子の影響を除いた。シャッターにもシンチレータを用いたアクティブシャッターとした。開口部の入口にプラスチックシンチレータの散乱体を置き、これとスペクトロメータの同時計数をとることによってコンプトンテレスコープを構成する。コンプトンテレスコープは MeV 領域でコンプトン散乱の断面積が前方に集中していることを利用し、指向性を改善するものである。しかし、検出効率が1%程度となるため、実際の観測は人工衛星によらなければならない。この散乱体カウンタは、同時に、シャッターが開いているときに開口部から入射する荷電粒子を除くためにも役立つ。カウンタ系の構成を第1図に示す。

スペクトロメータは  $3''\phi \times 3''$  の NaI(Tl) と RCA 6655 A 光電子増信管、コリメータシールドは厚さ約 10 cm のプラスチックシンチレータと4本の RCA 2060 からなる。スペク



第1図  $\gamma$  線検出器

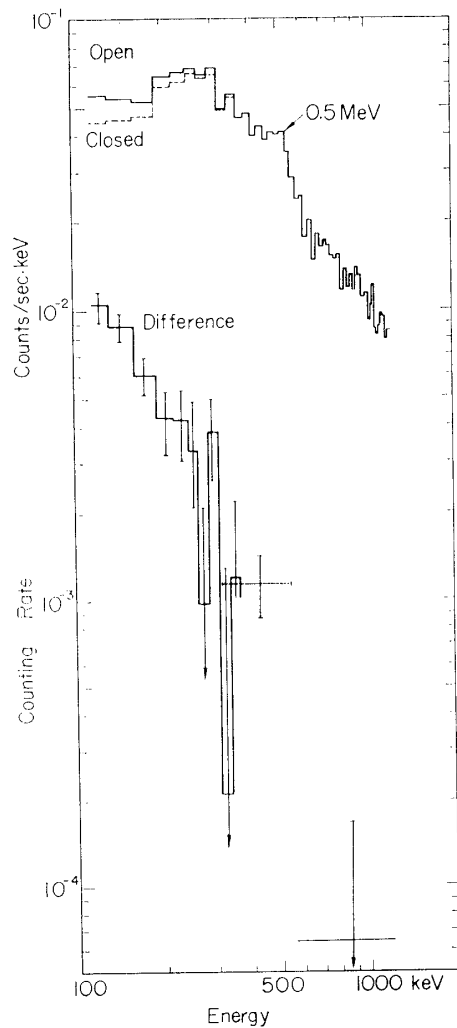


第2図  $\gamma$  線検出器の幾何学的係数。○は指向性を測定して求めた値。

トロメータはさらに 2mm の厚さの錫と 1mm の鉛で囲み、外側のコリメータで発生する  $\gamma$  線を遮へいする。散乱体カウンタは  $3\phi \times 4\text{cm}$  のプラスチックシンチレータ、シャッターカウンタは  $3\phi \times 1\text{''}$  NaI(Tl) でいずれも 2060 で増幅する。シャッターは約 4 分の周期で開閉をくり返す。シャッターが開いている場合、その陰の効果によって計数率を減少させる。この影響を防ぐため、陰にあたる部分に厚さ 1cm の鉛の板を置いた。

検出器の幾何学的係数を第 2 図に示す。シャッター法の利点は、前に述べたこと以外に、幾何学的係数が割合正確に決まることである。普通の方法ではコリメータシールドの透過率が大きく影響する。特に、アクチブシールドを用いた場合にはシールドカウンタの感度もきくので一層複雑である。シャッター法では差し引きによってこの影響は打ち消されるので、陰効果を除いて考慮する必要はない。

エネルギーカウンタは 120 keV から 1.2 MeV までを 64 チャンネルで測定し、パルス高を符号化して送信した。散乱体カウンタ、シャッターカウンタのエネルギー測定範囲はそれぞれ 34~330 keV, 30~200 keV で、いずれもエネルギー



第 3 図 8 mb におけるパルス高分布

カウンタとの同時パルスを 32 チャンネルで分析した。シールドカウンタは 150 keV 以上を検出し、スペクトロメータをゲートした。シールドカウンタの計数率は最高 3000 cps 以上にもなるので、速い同時計数 (200 nsec) を行ないゲートパルスをつくった。シールドカウンタの計数率を監視するため、スペクトロメータのトリガーパルス ( $4\mu\text{sec}$ ) とシールドカウンタの出力パルスの偶然同時計数を取り、その有無を 1 ビットで表示した。以上の情報のほか、シャッターの位置 (開, 閉, 移動中) を識別する符号 2 ビット, 間隔, パリティビットを加えて 1 詰を 23 ビットとした。ビット周波数は 10 kHz, 1 詰当りの不感時間は 2.8 msec である。

観測器の全重量は 30 kg, 信号は気圧符号と共に、145 MHz FM 送信機で送信した。

### 3. 気球飛揚

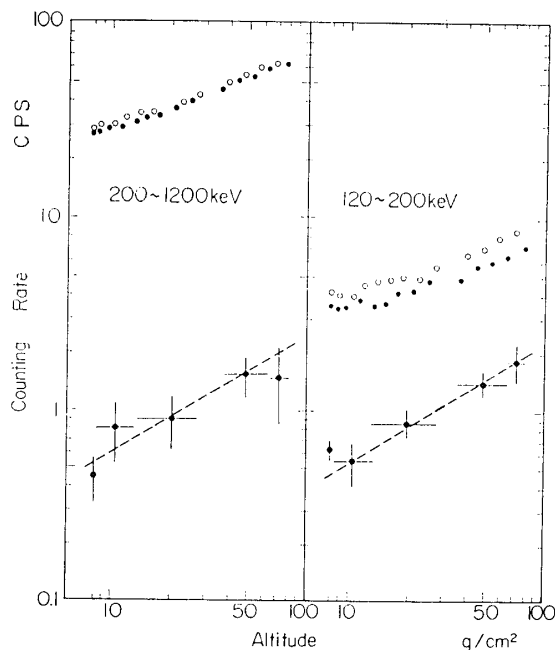
気球飛揚は 1969 年 4 月 18 日 9 時 50 分 (インド標準時). ハイデラバッド (北緯 17.6 度, 東経 78.5 度) から行なわれ, 8 mb の高度に 2 時間 40 分浮揚し, 以後徐々に下降を続け, 16 時 33 分 12 mb の高度でタイマにより測定器を切り離した。気球高度の観測は気圧計のほかに, 地上からのレーダでも行ない, 両者の差は水平飛行中で 0.4 mb であった。測定器は翌日回収され, ただちに動作の点検と各カウンタ

のエネルギー較正を行なった。飛揚中の受信感度は良好で、データは磁気テープに記録された。かに星雲の南中は16時04分である。

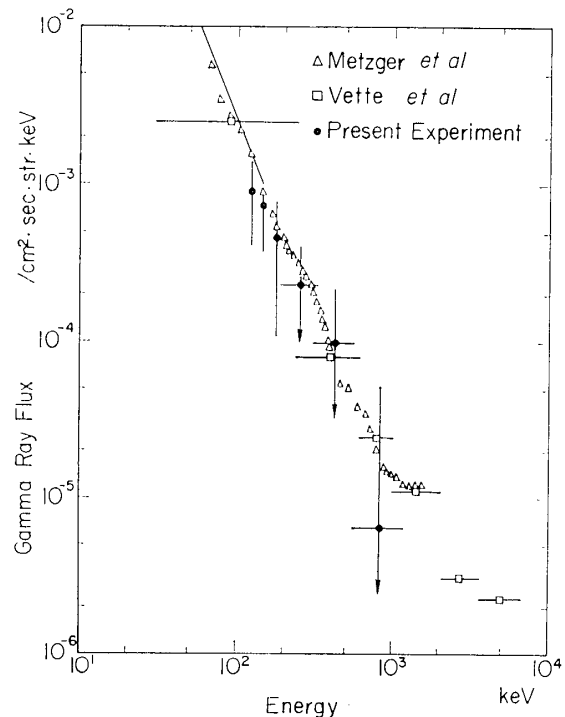
#### 4. 解析結果と検討

8mbの高度におけるパルス高分布を第3図に示す。500 keVのピークは大気中の陽電子消滅による $\gamma$ 線で、この位置から飛揚中のエネルギー較正を行なうことができる。300 keV以下のスペクトルの平坦部分はシールドによる吸収と考えられる。バックグラウンドの強度は Peterson 達が緯度 40° 度付近で観測した場合にくらべ約 1/2 である。第3図にはシャッタ開閉の差、すなわち前方から入射した $\gamma$ 線も示した。前方成分とそれ以外の成分のスペクトルの傾きが異なることは注目すべきであろう。

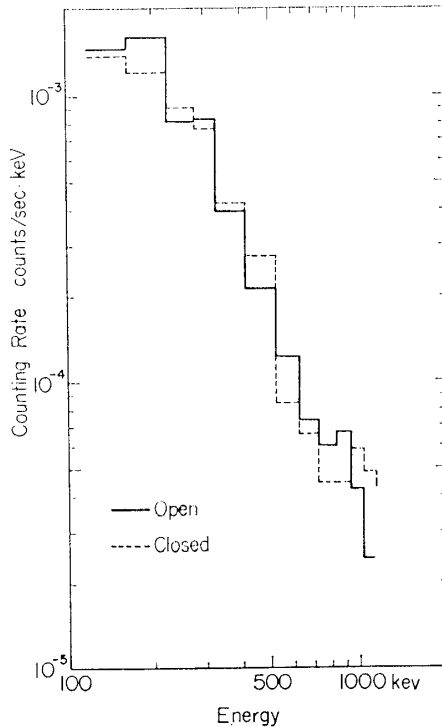
前方成分に一次成分があるかどうかは、強度の高度変化を見なければならぬ。これを、120~200 keV, 200~1200 keV に分けて第4図に示す。200 keV 以上では一次成分の存在を示すような変化はない。200 keV 以下については、わずかながら増加があるように見える。この差が有意であるとすれば一次成分を求めることができる。もしそうでないならば、このようにして求めた値を上限値とみなしてもよい。200 keV 以下での S/N 比を 200 keV 以上に適用すれば、この領域での上限値が求まる。大気の吸収を補した結果を、Ranger III, ERS-18 による観測スペクトルとあわせて、第5図に示す。図に示されている測定値はいずれもレスポンス補正を行っていないので、直接比較できる。この観測で得られた結果は、その精



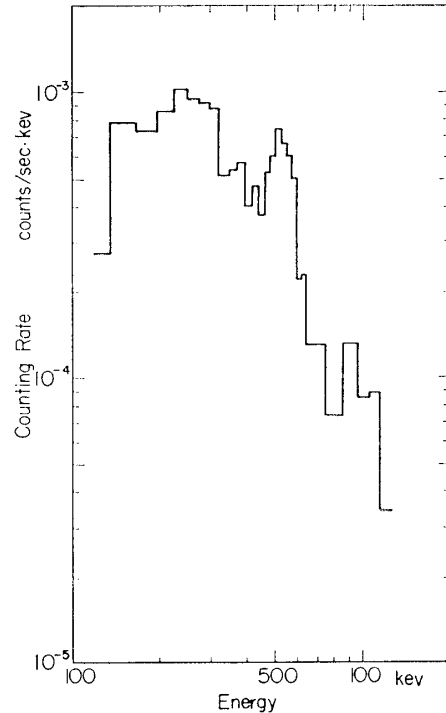
第4図 計数率の高度変化。シャッタ開・閉  
● 差



第5図  $\gamma$ 線スペクトル。直線はX線領域からの延長を示す



第 6 図 コンプトンテレスコープのパルス高分布. 散乱体でエネルギー損失が 34~33 keV の場合.



第 7 図 コンプトンテレスコープのパルス高分布. 散乱体でのエネルギー損失が 330 keV 以上の場合.

度からみて, 上記の二つの観測スペクトルと矛盾するものではないが小さくてもよいことを示している. もしそうならば, 20 keV 以上を一個のスペクトル指数で表わすことができないので重大である. これは今後の観測にまたなければならぬ. シャッタ法を用いれば, 気球でも人工衛星と競争し得ることは結論できる.

コンプトンテレスコープについて散乱体でエネルギー損失が 34~330 keV のときのエネルギーカウンタの波高分布を第 6 図に示す. 統計誤差が大きいので, シャッタによる有意な差は認められない. 散乱体でのエネルギー損失が 330 keV 以上の場合を第 7 図に示す. 陽電子消滅の 500 keV 線スペクトルが明瞭に見られる. この場合の多くはシャワーと考えられる. かに星雲からの  $\gamma$  線を対象として, 1 MeV 付近で  $S/N$  比を相定してみると, 約 4%, これに対しスペクトロメータだけの場合には 1% となる.

## 謝 辞

この実験にあたって, 東京大学宇宙研究所西村教授はじめ所員の方々にご支援いただいた. 気球飛揚はタタ基礎物理研究所 Gokhele 教授を中心とする高層部の協力で行なわれた. これらの人々に深く感謝の意を表します.

1970 年 2 月 5 日

## 参 考 文 献

- [ 1 ] S. Hayakawa : Proc. of Symposium on Cosmic Rays and Related Astrophysical Problem at Bombay, 105, (1968)
- [ 2 ] A. E. Metzger, E. C. Anderson, M. V. Van Dilla and J. R. Arnold : Nature **204**, 766 (1964)
- [ 3 ] J. A. M. Bleeker, J. J. Burger, A. J. M. Deerenberg, A. Scheepmaker, B. N. Swanenburg, Y. Tanaka, S. Hayakawa, F. Makino, and H. Ogawa : Can. J. Phys., **46** S461
- [ 4 ] J. A. M. Bleeker and A. J. M. Deerenberg to be published in Ap. J. (1969)
- [ 5 ] J. I. Vette, J. L. Matteson, D. Gruber and L. E. Peterson : Proc. I. A. U. Symposium at Rome No. 37 (1969)